

Особенности подготовки и проведения приемочных испытаний телеуправляемого необитаемого подводного аппарата

ISSN 1996-8493
DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75
© Технологии гражданской безопасности, 2023

А.А. Лебедев, А.Ю. Баранник

Аннотация

В статье представлены результаты анализа подготовки и проведения приемочных испытаний телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) Ровбилдер РБ-600, проведенных в соответствии с распоряжением МЧС России с целью определения возможности принятия данного образца на снабжение; определены проблемные вопросы, выявленные при проведении подобных испытаний, предложены пути их разрешения.

Ключевые слова: робототехническое средство; подводный аппарат; приемочные испытания; ТНПА.

Special Aspects of Remote-Controlled Uninhabited Underwater Vehicle Acceptance Tests Preparation and Carrying Out

ISSN 1996-8493
DOI:10.54234/CST.19968493.2023.20.1.75
© Civil Security Technology, 2023

A. Lebedev, A. Barannik

Abstract

The article presents analysis results of the remote-controlled uninhabited underwater vehicle RB-600 rover builder-acceptance tests preparation and conduct, done in accordance with the Emercom of Russia order for determining the possibility of accepting this sample for supply. Problematic issues are identified during such tests, and the waysto resolve themare proposed.

Key words: robotics; underwater vehicle; acceptance tests; remote-controlled uninhabited underwater vehicle.

23.01.2023

Введение

В настоящее время в условиях нестабильной мировой обстановки возрастает угроза совершения диверсий на объектах подводной инфраструктуры. Подрыв газопроводов в Балтийском море, попытка диверсии на газопроводе «Турецкий поток», подрыв Крымского моста требуют повышения оснащенности подразделений МЧС России, предназначенных для реагирования на чрезвычайные ситуации на подобных объектах высокоэффективными средствами. Гидротехнические сооружения, опоры мостов, причалы, трубопроводы и другие подводные сооружения требуют постоянного контроля безопасности их функционирования [1]. Кроме того, не потеряла актуальности задача по поиску и обследованию под водой потенциально опасных объектов (захоронения АХОВ и ядерных отходов в Балтийском и Карском морях) [2]. Эти задачи выполняются подразделениями МЧС России в рамках работ по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций на подводных потенциально опасных объектах во внутренних водоемах и территориальных водах Российской Федерации [3].

Одним из перспективных робототехнических средств является ТНПА Ровбилдер РБ-600. Решение о его принятии на снабжение было принято в соответствии с положениями, определенными приказом МЧС России от 21.10.2021 № 716 «Об утверждении Порядка принятия на снабжение, вооружение, в эксплуатацию в МЧС России образцов (комплексов, систем) вооружения, военной и специальной техники и военнотехнического имущества» по результатам приемочных испытаний. Основная их цель — оценка соответствия РБ-600 требованиям МЧС России.

Ранее в МЧС России отсутствовал опыт проведения приемочных испытаний ТНПА. В связи с этим **целью статьи** является анализ опыта выполнения таких мероприятий, включая выявление проблемных вопросов, а также представление предложений, направленных на их недопущение в дальнейшем. Причем предложения касаются как вопросов применения РБ-600, так и совершенствования методологии и практики проведения приемочных испытаний.

Необходимо отметить, что при обследовании дна и поиске потенциально опасных объектов под водой специалистам МЧС России требуются высокотехнологичные средства обеспечения работ. В зависимости от глубины водолаз должен тщательно подходить к выбору режима декомпрессии, времени нахождения под водой и выхода, которые строго регламентируются по медицинским показателям. Всё это не относится к роботу, а значит позволяет эффективно выполнять задачи под водой, не рискуя жизнью водолаза [4].

Телеуправляемый необитаемый подводный аппарат РБ-600 (рис. 1) предназначен для проведения осмотровых, исследовательских и легких подводно-технических работ на глубинах до 300 метров [5].

При этом перечень основных работ, выполняемых с применением ТНПА, включает:

- осуществление поддержки при выполнении водолазных работ;
- проведение осмотровых мероприятий;
- ведение поисковых работ с использованием видеоаппаратуры и гидролокаторов;
- проведение легких такелажных работ, включая остропку крупных предметов для поднятия со дна;
- извлечение мелких предметов со дна;
- уточнение картографии грунта;
- обеспечение проведения научных исследований.



Рис. 1. Общий вид ТНПА РБ-600

Анализ программы и методики проведения опытной эксплуатации

Именно оценка возможности выполнения таких работ легла в основу базового организационно-методического документа, определившего цели, условия, место, сроки проведения, виды, порядок, последовательность и объем испытаний; в программу и методику опытной эксплуатации, был положен перечень работ, которые выполняются с применением ТНПА. Документ был разработан на основе: требований к РБ-600, указанных в технических условиях; методов испытаний, указанных в ГОСТ и эксплуатационной документации на изделие [6].

Давая оценку программе и методике опытной эксплуатации РБ-600, необходимо выделить цели, определенные для данного мероприятия, а именно:

- определение оперативных и технических характеристик, оценка качества эксплуатации и работоспособности в различных режимах использования;
- получение опыта применения РБ-600 для решения задач по предупреждению и ликвидации ЧС в реальных условиях эксплуатации;
- изучение технических решений, используемых при изготовлении образца, и возможности их реализации в интересах МЧС России;
- определение преимуществ РБ-600 перед другими аналогичными техническими средствами, эксплуатируемыми подразделениями МЧС России.

В ходе подготовки к проведению опытной эксплуатации РБ-600, которая была проведена на базе ФГКУ «ЦСООР «Лидер» и ФГКУ «Государственный центральный аэромобильный спасательный отряд», в рамках разработки программы и методики, был разработан

перечень проверок, в том числе на погружение и выполнение практических задач, который обеспечил проверку работоспособности всех систем РБ-600 [7].

Перечень включает следующие контрольные упражнения:

- движение на полном и малом ходу;
- движение по азимуту, в режиме «автокурс»;
- проверка на протечки систем;
- проверка системы «автоглубина»;
- прохождение в отсеки макета затопленного летательного аппарата (рис. 2);
- поиск предметов с помощью локатора кругового обзора;
- поиск предметов с помощью камер видеонаблюдения;
- заведение ходового конца за учебный корпус летательного аппарата;
- закрепление альпинистского карабина за ходовой конец, находящийся под водой;

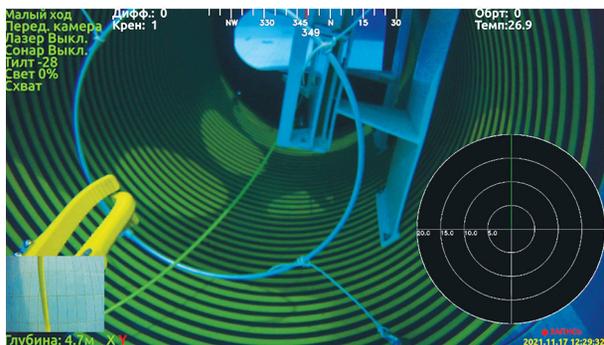


Рис. 2. Проход ТНПА в макет фюзеляжа самолета

подъем предметов с помощью зажима манипулятора со дна бассейна (рис. 3);

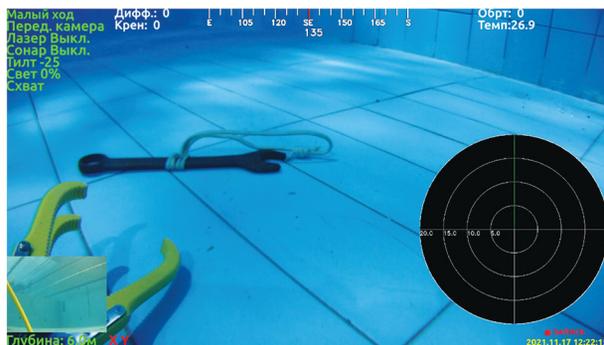


Рис. 3. Подъем предметов со дна бассейна

- проведение осмотра вертикальных и горизонтальных стен бассейна;
- видео- и фотофиксация различных предметов;
- подготовка ТНПА к работе на время.

Результаты опытной эксплуатации Проверки в ходе погружения

Движение образца по азимуту в режиме «автокурс». При осмотре подводных объектов необходимо точно выдерживать курс движения ТНПА вдоль линии

объекта. Именно в этом случае помогает режим работы «автокурс». Отклонение ТНПА от заданного курса из-за ветра, течения или других возмущающих сил должно фиксироваться компасом и компенсироваться двигателями [11]. Для проверки на дне бассейна были установлены ограничительные ворота, превышающие ширину образца на 10 см с каждой стороны (рис. 4). РБ-600 в режиме «автокурс» проходил в эти ворота. Ворота после прохождения образца переставлялись, соответственно требуемое направление движения менялось. Образец выдержал испытания, прошел в выставленные ворота, не задев их, при всех попытках.

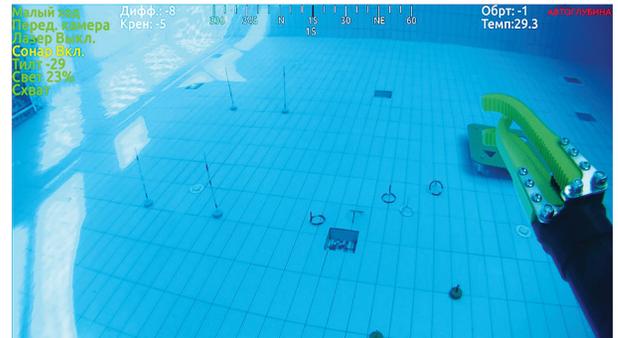


Рис. 4. Ограничительные ворота на дне бассейна

Зависание в диапазоне глубин, проверка системы «автоглубина». Этот режим полезен при осмотре объектов на необходимой глубине или при следовании на требуемой глубине. При проведении проверки параметр глубины контролировался по показаниям датчика глубины на мониторе и визуально водолазом (рис. 5). Образец выдержал испытания, автоматически поддерживал глубину в течение 2 минут на различных глубинах.

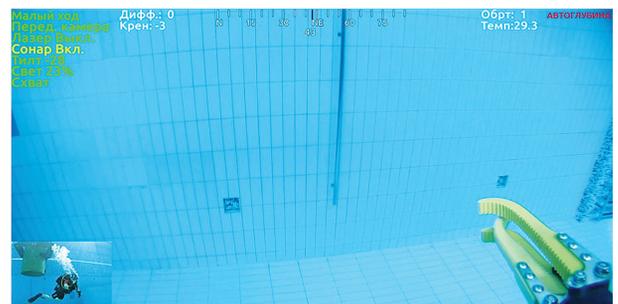


Рис. 5. Движение в режиме «автоглубина», контроль водолазом

Поиск предметов с помощью камер видеонаблюдения. Требования МЧС России, ограничивающих время на визуальное обнаружение объектов на дне водоема в зависимости от прозрачности воды, нет. Для проведения проверки на дне в хаотичном порядке было установлено 5 предметов различной формы и размера (круглые, прямоугольные, многоугольные и т.д.). Оператор с помощью образца вел поиск этих объектов и при обнаружении фокусировал на них видеоизображение с целью определения формы (рис. 6). Комиссия фиксировала на мониторе обнаруженные предметы и их форму. Образец выдержал испытания,

были обнаружены все объекты и правильно определена их форма.

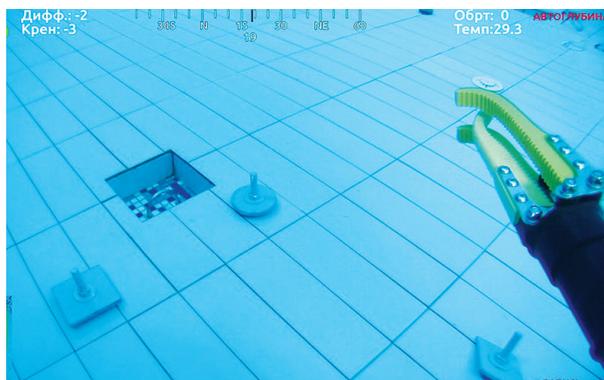


Рис. 6. Обнаружение предметов на дне

Подъем предмета с помощью манипулятора. В ходе проверки манипулятором образца осуществлялся захват и подъем предметов на поверхность (рис. 7). В качестве поверхности использовался стенд с фигурными отверстиями, соответствующими по форме предметам на дне бассейна (рис. 8). Образец выдержал испытания, поднял на поверхность (стенд) все объекты [12]. Все объекты были установлены в соответствующие фигурные отверстия. Максимальная грузоподъемность РБ-600 не задана и не проверялась.



Рис. 7. Захват предмета манипулятором



Рис. 8. Расположение объектов на стенде в соответствии с их геометрией

Закрепление альпинистского карабина за ходовой конец, находящийся под водой. В ходе проверки в манипуляторе образца был зажат альпинистский карабин, находящийся в открытом состоянии. В воде было закреплено кольцо, имитирующее ходовой конец. Оператор, управляя образцом, надевал карабин на кольцо (рис. 9). Образец выдержал испытания, карабин был надет на кольцо во всех попытках.



Рис. 9. Закрепление альпинистского карабина за кольцо

Оценка возможностей работы образца на максимальной рабочей глубине. В испытательном бассейне отсутствовала возможность осуществить погружение образца на максимальную рабочую глубину (300 м). ООО «Ровбилдер» были проведены испытания образца в камере давления ДК-185-060-004 зав. № 556 АО «Равенство» (рис. 10). По результатам испытаний комиссии представлены акт (отчет) № 01-22/РБ о результатах испытаний изделий и протокол № 01-22/РБ. В соответствии с этими документами образец был испытан на воздействие гидростатического давления со следующими параметрами: предельная глубина — 300 метров в течение 15 минут. По окончании воздействия замечаний по внешнему виду не было, образец функционировал в соответствии с ТУ 28.99.39-06865244-2022.



Рис. 10. Испытания образца в камере давления

Опытная эксплуатация позволила выявить ряд недостатков:

- некорректная работа РБ-600 на малом ходу;
- некорректное движение систем видеонаблюдения РБ-600;
- неудобное расположение рабочего окна фронтальной камеры;
- необходимость внесения изменений в конфигурацию зажима манипулятора;
- отсутствие инструкции по техническому обслуживанию и использованию ЗИП;
- низкое качество исполнения транспортировочных ящиков;
- отсутствие сертификата о проведении испытаний РБ-600 в гидробарокамере, подтверждающего заявленные характеристики работы на глубинах до 300 м;
- отсутствие сертификата силового электропривода (исправлено производителем в ходе опытной эксплуатации).

Причем первые три (некорректная работа на малом ходу, некорректное управление системами видеонаблюдения, неудобное расположение рабочего окна фронтальной камеры) были устранены производителем

непосредственно во время проведения опытной эксплуатации.

В целом в ходе проведения опытной эксплуатации протечек корпуса, отказов или каких-либо поломок обнаружено не было. Комиссия рекомендовала после устранения недостатков и проведения испытаний с погружением РБ-600 на глубину 300 метров рассмотреть вопрос о принятии РБ-600 на снабжение в системе МЧС России.

Наземные проверки

Документом, определяющим основные параметры, проверяемые в ходе проведения опытной эксплуатации, были технические условия ТУ 28.99.39-002-06865244-2022. Именно в этом документе представлены параметры, которые проверялись в ходе наемной части проверочных мероприятий, а именно:

массогабаритные показатели. Требования МЧС России, ограничивающих вес ТНПА и (или) его габаритные размеры, нет. Габаритные размеры РБ-600 сравнивались с указанными в технических условиях; маркировка, упаковка и комплектность. Проверка маркировки и упаковки не проводилась, так как нормативно-технические документы МЧС России эти параметры не определяют. Требования МЧС России по комплектности ТНПА, особенно в части навесного оборудования, в настоящее время отсутствуют [10]. Комплектность РБ-600 сравнивалась с указанной в технических условиях.

проверки, касающиеся электрооборудования [8], устойчивости к климатическим воздействиям и надежности. Эти параметры проверялись на специальном испытательном оборудовании.

Методы испытаний робототехнических комплексов и требования назначения к ним в МЧС России регламентируются ГОСТ Р 54344-2011. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний.

Анализ этого документа показал отсутствие конкретных требований назначения к подводным робототехническим комплексам (РТК). Методы испытаний, представленные в этом стандарте, в большей степени относятся к проверке наземных робототехнических комплексов либо не требуют погружения в воду и касаются

проверки технического состояния различных систем аппарата [9].

Заключение

В целом РБ-600 все проверки выдержал успешно. По их результатам комиссия рекомендовала принять его на снабжение в системе МЧС России.

По результатам опытной эксплуатации и приемочных испытаний комиссией было отмечено, что РБ-600 превосходит по ряду параметров предыдущую модель ТНПА, которая находится в эксплуатации в ФГКУ «ЦСООР «Лидер» с 2015 года, а именно: увеличена максимальная глубина погружения до 300 метров; увеличена мощность двигателей; увеличена грузоподъемность; наличие задней видеокамеры; встроенный локатор кругового обзора в панель управления РБ-600; улучшена система стабилизации РБ-600; улучшена эргономика корпуса робота; возможность удаленного доступа к управлению и настройкам аппарата.

Результаты опытной эксплуатации и приемочных испытаний позволили определить возможную область применения РБ-600 в МЧС России:

- проведение поиска и допояска подводных объектов;
- выполнение осмотровых и обследовательских работ под водой в прибрежных морских и внутренних водах;
- обеспечение аварийно-спасательных операций во внутренних водах, в морских прибрежных и открытых акваториях на глубинах до 300 м;
- поиск объектов на дне и в толще воды;
- поддержка водолазных работ;
- выполнение подводно-технических работ с помощью 2-степенного манипулятора;
- выполнение подводно-технических и инспекционных работ;
- обеспечение работ по обезвреживанию (ликвидации) опасностей техногенного происхождения.

Подготовка и проведение опытной эксплуатации ТНПА РБ-600 показали необходимость проведения научных исследований с целью выработки требований МЧС России к подводным РТК и разработки специализированного национального стандарта [13]. Наличие таких требований позволит разработчикам заранее учитывать их при выпуске своей продукции в инициативном порядке, а заказчику в лице МЧС России более качественно проводить приемочные испытания.

Литература

1. Голядкина С. С., Харченко Ю. А. Анализ рисков морских операций с помощью телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов // Газовая промышленность. 2020. № 3. С. 34–37.
2. Вялышев А. И. МЧС России и подводные потенциально опасные объекты // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 5. С. 131–137.
3. Зиновьев С. В., Большагин А. Ю. Подходы к оценке опасности подводных потенциально опасных объектов в морях Российской Федерации // Технологии гражданской безопасности. 2021. Т. 18. № 5. С. 138–141.
4. «ROVBUILDER-600» для водолаза в фоторепортаже от «МЧС МЕДИА» [Электронный ресурс] // Сайт ЦДП СТОРМ. URL: <http://rovcentre.com/ru/rovbuilder-600-для-водолаза-в-фоторепортаже-от/> (дата обращения: 22.11.2022).
5. Подводный аппарат РБ-600 [Электронный ресурс] // Сайт ООО «Ровбилдер». <https://www.rovbuilder.com/rb-600/> (дата обращения: 22.11.2022).
6. Баранник А. Ю., Краснова Л. В., Краминцев А. П. О необходимости совершенствования процедур отбора перспективных образцов аварийно-спасательных средств // Технологии гражданской безопасности. 2022. Т. 19. № 1. С. 45–48.
7. Отчет об опытной эксплуатации телеуправляемого необитаемого подводного аппарата Ровбилдер РБ-600, разработанного ООО «Ровбилдер» и прошедшего испытания на предмет определения целесообразности использования его в системе МЧС России. В соответствии с распоряжением МЧС России от 27.10.2021 № 932 «О проведении опытной эксплуатации телеуправляемого необитаемого подводного аппарата Ровбилдер РБ-600». М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2021. 24 с.
8. Костенко В. В., Толстоногов А. Ю. Оценка характеристик маршевого двигателя подводного аппарата по результатам нагрузочных испытаний электропривода // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 2 (40). С. 4–12.

9. Шматков А. А., Шматков А. Г. Современные требования, предъявляемые к телеуправляемым необитаемым подводным аппаратам (ТНПА) для выполнения инженерных изысканий, инспекционных работ и научных исследований // Морские исследования и образование (MARESEDU-2021): Труды X Междунар. науч.-практ. конференции. Т. 3. Тверь: ООО «ПолиПРЕСС», 2021. С. 272–274.
10. Отчет о государственных приемочных испытаниях телеуправляемого необитаемого подводного аппарата Ровбилдер РБ-600. В соответствии с распоряжением МЧС России от 30.09.2022 № 1068 «О проведении государственных приемочных испытаний телеуправляемого необитаемого подводного аппарата Ровбилдер РБ-600». М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2022. 24 с.
11. Гаврилина Е. А. Подход к построению системы управления подводного аппарата повышенной маневренности, работоспособной во всем диапазоне углов ориентации // Подводные исследования и робототехника. 2022. № 2 (40) С. 39–53.
12. Розман Б. Я., Елкин А. В. Система автоматического управления необитаемым подводным аппаратом // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2021. № 11. С. 87–92.
13. Карнаухов И. Ю., Кириленко Д. А., Терехов Д. К. Проблемы внедрения подводных необитаемых аппаратов для подводного добычного комплекса в условиях арктического шельфа // Молодежь. Наука. Инновации. 2022. Т. 1. С. 433–436.

Сведения об авторах

Лебедев Андрей Александрович: к. в. н., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), с. н. с. науч.-исслед. отдела. Москва, Россия. SPIN-код: 2907-3706.

Баранник Александр Юрьевич: к. т. н., с. н. с., ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), в. н. с. науч.-исслед. центра. Москва, Россия. SPIN-код: 9462-5588.

Information about authors

Lebedev Andrey A.: PhD (Military Sc.), All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Senior Researcher, Research Department. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 2907-3706.

Barannik Alexander Yu.: PhD (Technical Sc.), Senior Researcher, All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies, Leading Researcher, Research Center. Moscow, Russia. SPIN-scientific: 9462-5588.

Издания ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)

Авторы, название	URL
Совершенствование защиты населения, материальных и культурных ценностей от опасностей, возникающих при военных конфликтах или вследствие этих конфликтов с учётом современных угроз. Материалы научно-практической конференции.	https://elibrary.ru/item.asp?id=47152118
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы мероприятий деловой части программы конференции, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть I	https://elibrary.ru/item.asp?id=47150447
Наука и технологии обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Материалы мероприятий деловой части программы конференции, организатором которых выступил ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). Часть II	https://elibrary.ru/item.asp?id=47233683
Олтян И.Ю. и др. Реализация Сендайской рамочной программы по снижению риска бедствий в Российской Федерации. Итоги пятилетия. Монография.	https://elibrary.ru/item.asp?id=46389727
Поздняков Н.А. и др. Оказание помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях: современное состояние и перспективы развития. Монография.	https://elibrary.ru/item.asp?id=46111413
Каталог технических средств, предназначенных для гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций.	https://elibrary.ru/item.asp?id=45796467
Глобальная и национальные стратегии управления рисками катастроф и стихийных бедствий. Материалы конгресса.	https://elibrary.ru/item.asp?id=45040593
Творчество юных во имя спасения: Литературно-художественный альманах. Выпуск № 4.	https://elibrary.ru/item.asp?id=45040485
Международная научно-практическая конференция «Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Северо-Западном Арктическом регионе России». Материалы конференции.	https://elibrary.ru/item.asp?id=45040117
Акимов В.А. и др. Нелинейная наука для исследования аварий, катастроф и стихийных бедствий. Монография.	https://elibrary.ru/item.asp?id=45040288
Авдеева В. Г. и др. Развитие системы оказания помощи пострадавшим в дорожно-транспортных происшествиях на современном этапе: опыт, проблемы, перспективы. Монография.	https://elibrary.ru/item.asp?id=44621912